

Eritrosit dan Hemoglobin pada Kelelawar Gua di Kawasan Karst Gombang, Kebumen, Jawa Tengah

Fahma Wijayanti¹, Dedy Duryadi Solihin², Hadi Sukadi Alikodra³, & Ibnu Maryanto⁴

¹.Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, ¹Sekolah Pasca Sarjana IPB, ²Jurusan Biologi FMIPA IPB, ³Jurusan Konservasi Fakultas Kehutanan IPB, ⁴ Puslit Biologi-LIPI Bogor. Email: fahmawijaya@yahoo.com

ABSTRACT

Erythrocyt and Haemoglobin on Cave Bat at Gombang Karst Area, Kebumen Regency, Central Jawa. The purpose of this study was observe physiological adaptation of the cave bats conducted from September 2009 to March 2010 in twelve caves within the karst of Gombang, Kebumen Regency, Central Java. In each caves where the bats roosting, temperature, also humidity, oxygen percentage in the air, and ammonia content were measured. Three individual samples were caught from every bat roost during the day when the bats were staying in their roosts. Then the amount of erythrocyte was counted by hemocytometer and hemoglobin content was measured using Sahli's method. The data were analyzed using RDA and multiple regressions. It was concluded that humidity, temperature, oxygen and ammonia correlated significantly with erythrocyte and hemoglobin content. The amount of erythrocyte increased by increasing humvel.

Keywords: Bat, cave, erythrocyte, haemoglobin.

PENDAHULUAN

Menurut Baudinette *et al.* (1994), kondisi ruang gua yang sempit, sirkulasi udara terbatas dan banyak dihuni kelelawar menyebabkan udara dalam gua memiliki kandungan oksigen rendah (hypoxic), tinggi karbon dioksida (hypercapnic) dan tinggi gas amonia. Selain itu adanya rembesan air pada dinding dan atap gua juga menyebabkan udara dalam gua menjadi dingin dan lembab. Berdasarkan hasil pengukuran mikroklimat di gua-gua karst Gombang, pada ruang gua yang dihuni kelelawar tidak didapatkan adanya penurunan kadar oksigen dan kadar karbon dioksida tidak terukur. Namun demikian terbukti kadar amonia udara

mencapai 3310 ppm dan kelembaban udara mencapai 92 %. Kondisi udara gua yang tinggi amonia dan lembab ini kurang menguntungkan bagi hewan gua terutama kelelawar, karena sebagai mamalia teresterial kelelawar membutuhkan kondisi udara optimum agar pernafasan dapat berlangsung dengan baik. Beberapa hasil penelitian terhadap hewan mamalia membuktikan bahwa: 1) kurangnya kadar oksigen di udara dapat menyebabkan respirasi terhambat (Guyton 1995); 2) tingginya karbon-dioksida dapat menyebabkan afinitas hemoglobin terhadap oksigen menurun (Guyton 1995); 3) tingginya konsentrasi gas amonia (NH₃) dapat menyebabkan gangguan metabolisme, iritasi epitel organ

pernafasan serta gangguan fisiologi syaraf (Hutabarat 2002); dan 4) tingginya kelembaban udara dapat menghambat absorpsi oksigen oleh membran alveolus.

Penelitian tentang strategi adaptasi kelelawar yang bersarang di gua dengan kondisi dingin dan lembab pernah dilakukan oleh Baudinette *et al.* (2000) di Australia. Hasil penelitian menunjukkan laju respirasi kelelawar *Macroderma gigas* (Megadermatidae: Mikrochiroptera) dan *Rhinonycteris aurantias* (Hipposideridae: Mikrochiroptera) menyesuaikan suhu dan kelembaban udara dalam gua. Pada saat kondisi udara kering dan dingin (kelembaban <60% dan suhu < 5.6oC) laju respirasi sama dengan pada saat kondisi udara lembab dan hangat (kelembaban > 80% ; suhu > 9.8oC). Tetapi bila kondisi udara lembab dan dingin (kelembaban <60% dan suhu < 9o) laju respirasinya meningkat tajam. Meningkatnya laju respirasi tersebut merupakan strategi agar tubuh tetap hangat. Namun demikian, sejauh ini belum ada penelitian yang menjelaskan adaptasi fisiologi kelelawar sebagai strategi untuk bertahan hidup di gua dengan mikroklimat: lembab, dingin, kadar amonia tinggi dan oksigen terbatas. Informasi ini sangat diperlukan terutama untuk memahami fisio-ekologi kelelawar gua. Dengan demikian diharapkan dapat dibuat strategi konservasi kelelawar yang tepat, yang sesuai dengan kebutuhan fisio-ekologinya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa adaptasi fisiologi kelelawar yang bersarang di beberapa gua karst Gombong terhadap mikroklimat gua dengan cara: Menganalisa hubungan

mikroklimat gua terhadap jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin darah kelelawar penghuni gua.

BAHAN DAN CARA KERJA

Penelitian dilakukan pada September 2009 s/d Maret 2010. Lokasi penelitian di 12 gua yang terdapat di kawasan karst Gombong Kabupaten Kebumen Jawa Tengah yaitu: Gua Barat II (07o39.745LS/109O26.163 BT); Gua Celeng (07o42.380LS/ 109°23.624BT); Gua Dempok (07°40.195LS/ 109°25.632 BT); Gua Inten (07°40.21LS/ 109°25.592 BT); Gua Jatijajar (07°39.994LS/ 109°27.262BT); Gua Kampil (07°42.389 LS/109°23.836BT);GuaKemit (07°42.247 LS/109°23.638BT);GuaLiyah (07°42.392 LS/109°23.838BT);Gua Petruk (07° 42.315 LS/109°24.130BT); Gua Sigong (07°42.487LS/109°23.389BT); Gua Tiktikan (07°40.166LS/109°25.59 5BT); dan Gua Tratak (07°42.267LS/ 109° 23.663BT).

Bahan yang digunakan adalah kloroform, larutan fisiologis NaCl 0.9 %, HCl 0.1 N, aquades, sampel darah, anti koagulan Ethylene Diamine Tetraacetic Acid (EDTA) dan alkohol 70%

Alat yang digunakan adalah hand net, mist net dan harpa net, peralatan bedah; timbangan digital, mikroskop; jangka sorong; spuit; kapas; venoject berisi EDTA; tabung reaksi; gelas objek; kaca penutup; pipet eritrosit; aspirator; kamar hitung hemocytometer dan tabung Sahli,

Parameter mikroklimat yang diukur adalah suhu udara, kelembaban udara, konsentrasi oksigen dan kadar amonia

udara. Sebanyak 3 individu sampel kelelawar ditangkap pada setiap sarang dan segera dilakukan identifikasi awal. Pengukuran mikroklimat dan penangkapan sampel dilakukan pada siang hari pada saat kelelawar berada di sarangnya.

Penghitungan jumlah eritrosit dan hemoglobin segera dilakukan setelah kelelawar ditangkap dengan cara: darah diambil dari vena interfemorale sebanyak 1 ml menggunakan spuit ukuran 1 ml (Kunz & Nagy 1988). Darah yang terambil segera dimasukkan ke dalam tabung *venojact* yang telah berisi Ethylene Diamine Tetraacetic Acid. Penghitungan jumlah eritrosit dilakukan dengan cara (Sastradipradja 1989): 1) sampel darah dihisap menggunakan pipet eritrosit hingga tanda tera 0.5 pada aspirator; 2) ujung pipet eritrosit dibersihkan menggunakan kertas tisu, selanjutnya pengencer hayem dihisap hingga tanda tera 101 pada aspirator; 3) pipet digerakkan memutar dengan membentuk arah angka 8 selama 3 menit; 4) larutan yang tidak tercampur dibuang dengan menempelkan kertas tisu pada ujung pipet; 5) satu tetes larutan diteteskan ke dalam hemositometer; 6) dilakukan penghitungan jumlah sel eritrosit yang terdapat pada lima kotak eritrosit hemositometer (satu kotak kanan atas, satu kotak kiri atas, satu kotak kiri bawah, satu kotak kiri bawah dan satu kotak tengah) di bawah mikroskop perbesaran 40 X 10. Jumlah total eritrosit adalah jumlah total eritrosit dalam 5 kotak hemositometer dikali 10⁴ /mm³.

Pengukuran kadar hemoglobin darah dilakukan dengan metode Sahli (Sastradipradja 1989) yaitu : 1) larutan

HCL 0.1 N diteteskan pada tabung Sahli sampai tanda tera 1.0; 2) sampel darah dihisap dengan menggunakan pipet Sahli sampai tanda tera 2.0; 3) sampel darah dimasukkan ke dalam tabung Sahli dan dibiarkan selama 3 menit; 4) larutan ditambah dengan aquades sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan pengaduk Sahli hingga warna larutan sama dengan warna standar hemoglobinmeter pada kit Sahli; 5) nilai hemoglobin (gram %) adalah angka yang tertera pada tabung hemoglobin.

Kecenderungan hubungan antara parameter fisik gua dengan eritrosit dan hemoglobin dianalisis menggunakan analisis multivariat: RDA (*Redundancy analysis*). Adapun parameter fisik gua yang dianalisis adalah suhu, kelembaban, kadar oksigen dan kadar amonia udara. Analisis RDA ini menggunakan software Canoco 4.5. Untuk meranking parameter lingkungan yang paling berpengaruh terhadap hematologi darah dan anatomi organ pernafasan kelelawar, digunakan metode *forward selection* dan diuji menggunakan permutasi *Monte carlo* dengan 199 permutasi acak. Untuk menganalisa bentuk hubungan antara mikroklimat sarang dengan hematologi darah digunakan analisis regresi berganda (Gaspersz 1995).

HASIL.

Jenis-jenis kelelawar penghuni gua karst Gombang yang berhasil ditangkap dan dilakukan pengamatan terhadap hematologi dan anatomi organ pernafasannya terdiri atas 8 jenis Microchiroptera dan 3 jenis Megachiroptera. Jenis

Mikrochiroptera terdiri dari: *Rhinolophus affinis* Horsfield, 1823; *Hipposideros sorenseni* Kichener & Maryanto, 1993; *Hipposideros ater* Templeton, 1848; *Hipposideros cf. ater*; *Hipposideros* sp; *Miniopterus australis* Tomes, 1858; *Miniopterus schreibersii*, (Kuhl 1819) dan *Chaerophon plicata* (Buchanan, 1800). Jenis-jenis Megachiroptera terdiri dari: *Cynopterus brachyotis* (Muller, 1838); *Rousettus amplexicaudatus* (Geoffroy, 1810); dan *Eonycteris spelaea* (Dobson, 187). Pada penelitian ini semua sampel yang diambil adalah individu dewasa berjenis kelamin jantan. Hasil pengukuran parameter lingkungan sarang dan parameter darah kelelawar dapat dilihat pada Tabel 1

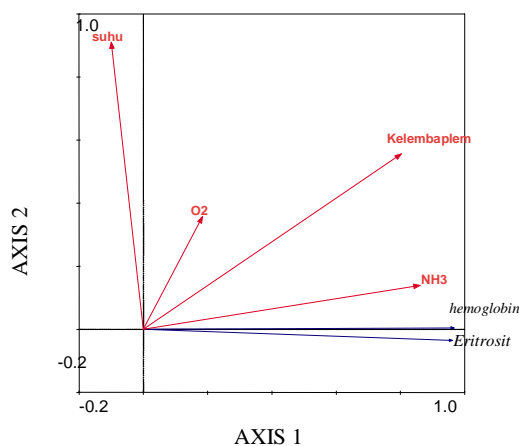
Hasil RDA (redundancy analysis) dengan 4 parameter mikroklimat gua (suhu, kelembaban, kadar oksigen dan kadar amonia) disajikan pada Gambar 1. Grafik tersebut menunjukkan hubungan yang bisa diterangkan antara struktur komunitas kelelawar dengan fisik gua adalah: axis 1 = 99.6 % dengan eigen-

value 0.48; axis 2 = 0.40 % dengan eigenvalue 0.372. Secara bersama-sama axis 1 dan axis 2 dapat menerangkan varian data sebesar 100 % dari varian total. Penggambaran RDA berdasarkan mikroklimat gua dengan hematologi darah menggunakan 2 axis dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan RDA diatas, dapat diketahui parameter mikroklimat yang paling berpengaruh terhadap eritrosit dan hemoglobin kelelawar adalah kadar amonia di udara. Urutan berikutnya adalah kelembaban, suhu dan oksigen. Rangkaian pengaruh parameter mikroklimat terhadap darah kelelawar (Tabel 2).

Hasil analisis regresi berganda pengaruh mikroklimat sarang terhadap jumlah eritrosit menunjukkan parameter mikroklimat (kelembaban, suhu, oksigen, amonia) berkorelasi erat ($R^2 = 0.741$ $P = 0.000$) dengan jumlah eritrosit. Hasil analisis regresi berganda dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Persamaan regresi berganda hubungan mikroklimat dengan eritrosit



Gambar 1 RDA antara mikroklimat sarang dengan eritrosit dan hemoglobin kelelawar

Tabel 1 Hasil pengukuran mikroklimat udara tempat bertengger dan hasil pemeriksaan darah kelelawar.

A	B	C °C	D %	E %	F ppm	G juta/ml	H gr /ml	I juta/ml/gr	J gr/ml/gr
H_a	Petruk	26.4±0.34	77.2±0.2	22.0±0.48	2490±0	2.9±0.26	8.83±0.2	0.47± 0.02	1.42± 0.08
H_cf	Petruk	27.5±2.12	75.5±2.1	21.8±0.28	2340±212.3	6.15±4.13	9±0.28	0.47±0.01	1.34±0.01
H_s	Petruk	27.9±0.18	70.8±1.1	22.0±0.52	1901.2±415	4.18±0.49	12.47±0.8	0.29±0.03	0.90±0.06
	Jatijajar								
	Celeng								
Hp	Jatijajar	27.9±0.18	70.8±1.1	22.07±0.52	1901.2±415	4.18±0.49	12.4±0.81	0.29±0.03	0.90±0.06
	Kampil								
M_s		26.7±0.11	64.0±0.2	22.10±0.16	1872.8±0	3.63±0.45	9.8±0.30	0.33±0.02	0.8±0.02
	Liyah								
		27±0	74.1±0	20.9±0.05	3180±0	3.25±0.21	8.65±0.07	0.69±0.01	1.65±0.08
M_a	Inten								
C_p	Inten	30.8±0	80.4±0	22.8±0.52	3310±0	13.03±0.2	13.03±0.2	0.39±0.03	1.13±0.04
R_af	Petruk	29.53±0.11	70±0	22.01±0.8	2810±0	12.4±0.52	12.4±0.5	0.317±0.01	0.96±0.07
C_b	Petruk	27.24±0.21	52.8±1.2	21.02±0.1	1202±125	13.2±0.9	13.2±0.9	0.12±0.01	0.37±0.03
	Liyah								
E_s	Celeng	28.2±0.21	63.0±0.8	21.98±0.83	1103.2±4.3	13.3±1.5	13.3±1.5	0.11±0.01	0.34±0.04
	Kampil								
R_a	Petruk	27	56.8	20.9	640	16.15		0.06	0.19±0.02

Keterangan : A= species kelelawar, B= gua lokasi sarang, C= suhu udara, D= kelembaban, E= persentasi oksigen, F= kadar amonia udara, G= jumlah eritrosit, H= kadar hemoglobin, I= rasio jumlah eritrosit/berat badan, J= rasio kadar hemoglobin / berat badan, H_a = *H. ater*, H_cf= *H. cf.ater*, H_s = *H. sorenseni*, H_p = *Hipposideros* sp., M_s= *M. schreibersii*, M_a= *M. australis*, R_af= *R. affinis*. C_p= *C. plicata*. C_b= *C. brachyotis*, E_s = *E. spelaea*. R_a = *R. amplexicaudatus*

adalah sebagai berikut:

$$Y = 1.277 + 0.549 X1 - 0.422X2 - 0.143 X3 + 0.578 X4$$

Keterangan :

Y = Jumlah eritrosit darah, X1 = kelembaban
X2 = suhu udara, X3 = persentasi oksigen
X4 = kadar amonia.

Persamaan di atas menjelaskan bahwa jumlah eritrosit bertambah dengan semakin tinggi kelembaban udara, menurunnya suhu udara, menurunnya persentasi oksigen dan meningkatnya

kadar amonia. Dari semua parameter mikroklimat tersebut, amonia memberikan pengaruh paling besar.

Hasil analisis regresi berganda pengaruh mikroklimat sarang terhadap kadar hemoglobin menunjukkan parameter mikroklimat (kelembaban, suhu, oksigen, amonia) berkorelasi erat ($R^2 = 0.671$ $P = 0.000$) dengan kadar hemoglobin. Hasil analisis regresi berganda dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

Persamaan regresi berganda

Tabel 2. Ranking parameter fisik mikroklimat yang mempengaruhi darah kelelawar

Parameter Mikroklimat	F	Λ	P
Ammonia	85.9	0.69	0.0050*
Kelembapan	70.37	0.14	0.0050*
Suhu	15.03	0.09	0.0050*
Oksigen	4.63	0.01	0.05*

Tabel 3. Hasil analisis regresi berganda hubungan mikroklimat gua dengan jumlah eritrosit.

	Unstandar koefisien		Standar koefisien	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
konstanta	1.277	.238		5.355	.000
kelembaban	.009	.001	.549	8.155	.000
Suhu	-.048	.006	-.422	-8.496	.000
oksigen	-.022	.011	-.103	-2.010	.052
amonia	.000	.000	.578	9.239	.000

hubungan mkroklimat dengan hemoglo-
bin adalah sebagai berikut :
 $Y = 3.62 + 0.575 X1 - 0.392 X2 - 0.142 X3 + 0.967$ (R2= 0.578 P= 0.00)

Keterangan :

- Y = Jumlah eritrosit darah
- X1 = kelembaban
- X2 = suhu udara
- X3 = persentasi oksigen
- X4 = kadar amonia.

Persamaan di atas menjelaskan bahwa kadar hemoglobin bertambah dengan semakin tingginya kelembaban udara, menurunnya suhu udara, menurunnya kadar oksigen dan meningkatnya kadar amonia.

PEMBAHASAN

Hasil pengukuran mikroklimat udara di sekitar tempat bertengger kelelawar menunjukkan adanya peningkatan kadar amonia udara. Tingginya kadar amonia

udara pada gua-gua yang diamati dalam penelitian ini disebabkan oleh urin dan feses kelelawar yang menumpuk di lantai gua. Penelitian Sridhar *et al.* (2006) mendapatkan urin dan feses (guano) kelelawar *Hipposideros speoris* (Hipposideridae: Mikrochiroptera) tersusun atas 5.7 ± 1.5 % nitrogen (N) berbentuk amonia (NH3). Amonia tersebut merupakan hasil katabolisme protein. Amonia dalam guano dapat menguap menjadi gas bercampur dengan komponen udara lainnya. Hal ini menyebabkan kadar amonia di udara meningkat tajam (Shidar *et al.* 2006). Selain kadar amonia yang tinggi, terbukti udara di sekitar tempat bertengger kelelawar yang diamati dalam penelitian ini memiliki kelembaban relatif yang tinggi. Tingginya kelembaban udara tersebut disebabkan banyaknya rembesan air di dinding dan atap gua. Hal ini sesuai

Tabel 4 Hasil analisis regresi berganda hubungan mikroklimat dengan hemoglobin

	Unstandar Koeffisien	Standar koefisien	t	Sig.		
	B	Std. Error	Beta			
1	konstanta	3,262		5.286	0.000	
	kelembaban	0,027	0.003	0.575	9.181	0.000
	suhu	-0.123	0.015	-0.392	-8.471	0.000
	oksigen	-0.061	0.028	-0.104	-2.171	0.037
	amonia	0.000	0.000	0.563	9.679	0.000

dengan hasil identifikasi gua di Pulau Jawa bahwa gua-gua yang diteliti dalam penelitian ini adalah gua tipe preatik aktif, yang ditandai dengan adanya penetrasi air pada dinding dan atap gua (Departemen Kehutanan 1987). Dalam penelitian ini semakin jauh dari pintu gua, persentasi oksigen tidak semakin menurun, sebagaimana hasil penelitian Baudinette *et al.* (1994). Hal ini disebabkan pori-pori karst pada dinding dan atap gua di gua-gua yang diteliti mampu dilewati udara sehingga oksigen dapat masuk melalui pori-pori tersebut. Masuknya udara melalui pori-pori karst ini menyebabkan oksigen udara yang berkurang karena digunakan oleh kelelawar, bertambah lagi.

Jumlah eritrosit kelelawar Microchiroptera yang ditemukan dalam penelitian ini berkisar antara 2.9 juta/ml s/d 13.03 juta/ ml, dan jumlah eritrosit kelelawar Megachiroptera berkisar antara 13.2 juta/ ml s/d 16.15 juta/ml . Riedesel (1977) menca-tat hasil-hasil penelitian mengenai eritrosit beberapa jenis kelelawar adalah sebagai berikut : *Myotis sodalis* 9.5 juta/ ml; *Nyctalus noctula* 10.61 juta/ml s/d 14.38 juta/ml; *Tadarida brasiliensis mexicana* 10.11 juta/ml s/d 16.53 juta/ml; *Desmodus rotundus murinus* 8.20 juta/

ml s/d 12.39 juta/ml dan *Eptesicus fuscus* 11.96 juta/ml. Bila dibandingkan dengan penelitian terdahulu, jumlah eritrosit kelelawar yang ditemukan dalam penelitian ini berada dalam kisaran yang lebih luas (2.9 juta/ml s/d 16.15 juta/ml). Jumlah eritrosit yang sangat bervariasi ini disebabkan sampel kelelawar yang diteliti memiliki ukuran tubuh dan habitat yang sangat bervariasi pula. Cunningham (2002) menjelaskan jumlah eritrosit hewan mamalia sebagai berikut: kucing (*Felis felis domesticus*) 6 juta/ ml-8 juta/ ml; sapi 6 juta/ ml -8 juta/ml; anjing (*Canis familiaris*) 6 juta/ml s/d 8 juta/ml ; kambing (*Capra aegrurus*) 13 juta/ml s/d 14 juta/ml; babi 6 juta/ml s/d 8 juta/ml ; dan kelinci 5.5 juta/ml s/d 6.5 juta/ml. Bila dibandingkan dengan mamalia lain, rasio jumlah eritrosit/bobot tubuh kelelawar jauh lebih besar dibandingkan rasio jumlah eritrosit/bobot tubuh mamalia lain. Menurut Altringham (1996), pada waktu terbang kelelawar membutuhkan banyak energi, sehingga lebih banyak oksigen yang dikonsumsi. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan oksigen yang besar, kelelawar memiliki jumlah eritrosit lebih banyak dan otot jantung yang lebih kuat.

Kadar hemoglobin darah kelelawar

Microchiroptera yang ditemukan dalam penelitian ini berkisar antara 8.6-13.6. Sedangkan kadar hemoglobin kelelawar Megachiroptera berkisar antara 11.9-16.2. Riedesel (1977) mencatat hasil-hasil penelitian mengenai hemoglobin beberapa jenis kelelawar adalah sebagai berikut: *Nyctalus noctula* 11.1 gr/ml; *Myotis myotis* 10.9 gr/ml; *Plecotus auritus* 9.8 gr/ml; *Myotis nattereri* 10.9; dan *Artibeus lituratus* 17.0 gr/ml. Menurut Guyton (1995) dalam keadaan normal 1 ml darah manusia mengandung 14 gram (14 gr/mm³) hemoglobin yang mampu mengangkut 0.03 gram oksigen. Penelitian Nugraha (2007) mendapatkan kandungan hemoglobin anjing (*Canis familiaris*) usia 3 sampai 7 bulan berkisar 5.77-0.94 gr/mm³. Sedangkan Fatmawati (2007) mendapatkan hemoglobin anjing ras Doberman dewasa berkisar 11.8 ± 1.13. Bila dibandingkan dengan hewan mamalia lain, kadar hemoglobin dalam darah kelelawar yang ditemukan dalam penelitian ini cenderung lebih tinggi. Hal ini karena untuk dapat terbang kelelawar membutuhkan pasokan oksigen lebih banyak dibandingkan mamalia lain.

Dalam penelitian ini terbukti adanya perbedaan rasio jumlah eritrosit/ berat badan kelelawar yang bertengger pada kondisi udara dengan suhu, kelembaban, kadar oksigen dan kadar amonia berbeda. Demikian pula halnya dengan rasio kadar hemoglobin/berat badan. Pada kondisi udara dengan suhu, kelembaban, persentasi oksigen dan kadar amonia berbeda, rasio kadar hemoglobin/berat badan berbeda nyata. Hal ini sesuai dengan pendapat Guyton (1995) bahwa jumlah eritrosit dan hemoglobin dipenga-

ruhi oleh umur, jenis kelamin dan berat badan dan lingkungan.

Hasil uji regresi menunjukkan rasio jumlah eritrosit/berat badan semakin meningkat dengan menurunnya suhu dan meningkatnya kelembaban udara. Hasil penelitian Baudinette *et al.* (2000) menunjukkan adanya peningkatan laju respirasi dengan menurunnya suhu dan meningkatnya kelembaban. Meningkatnya jumlah eritrosit pada hewan yang bertengger di ruang gua yang dingin dan lembab merupakan bentuk adaptasi agar laju respirasi dapat berjalan dengan cepat. Dengan meningkatnya laju respirasi, energi yang dihasilkan meningkat. Hal ini menyebabkan suhu menjadi lebih hangat. Menurut Atringham (1996), kelelawar merupakan hewan homoikiloterm. Thermoregulasi kelelawar menyebabkan suhu tubuh tetap hangat, walaupun berada di lingkungan yang dingin. Meningkatnya laju respirasi yang didukung oleh meningkatnya jumlah eritrosit merupakan salah satu bentuk thermoregulasi kelelawar di lingkungan yang dingin agar suhu tubuh tetap hangat.

Berdasarkan hasil analisis regresi berganda, diketahui bahwa rasio jumlah eritrosit/berat badan juga meningkat dengan menurunnya persentasi oksigen, meskipun dalam penelitian ini pengaruh oksigen tersebut tidak nyata. Meningkatnya kadar amonia menyebabkan peningkatan rasio jumlah eritrosit / berat badan. Dalam penelitian ini, terbukti kadar amonia udara sangat tinggi (mencapai 3310 ppm). Peraturan Pemerintah RI no 41 tahun 1999 menetapkan ambang batas kandungan amonia untuk udara ambien di lingkungan manusia adalah 68 ppm.

Bila dibanding-kan, kadar amonia udara di sekitar lokasi tempat bertengger kelelawar jauh di atas ambang batas tersebut. Hutabarat (2000) melakukan penelitian terhadap karyawan pabrik latex yang terkena paparan amonia sebesar 500 ppm sampai 600 ppm selama 60 hari. Hasil penelitian menunjukkan karyawan yang terkena paparan amonia mengalami gejala sebagai berikut: tenggorokan kering (80%); jalan pernafasan kering (73.3%); mata perih (66.67%); batuk (53.3%); dan pingsan (6.67%). Peningkatan jumlah amonia udara di dalam gua menyebabkan laju respirasi meningkat, hal ini karena tubuh berusaha menetralsir atau mengeluarkan racun dengan meningkatkan laju metabolisme tubuh. Laju metabolisme tubuh dapat meningkat bila laju respirasi meningkat juga. Menurut Guyton (1995), semua bentuk metabolisme tubuh membutuhkan energi, dimana energi tersebut didapatkan dari hasil respirasi sel.

Hasil analisis regresi berganda hubungan mikroklimat gua terhadap rasio kadar hemoglobin / berat badan menunjukkan hasil yang sama, dimana rasio kadar hemoglobin/ berat badan meningkat dengan menurunnya suhu, meningkatnya kelembaban, menurunnya kadar oksigen serta meningkatnya kadar amonia di udara. Menurut Ganong (1989) kemampuan sel darah merah mengikat oksigen disebabkan adanya hemoglobin. Hemoglobin merupakan molekul protein yang berikatan dengan porphyrin. Di bagian tengah molekul porphyrin tersebut terdapat satu atom besi (Fe). Hemoglobin mamalia tersusun atas empat sub-unit protein berbentuk globul (bola). Satu

subunit dapat membawa satu molekul oksigen, dengan demikian setiap molekul hemoglobin dapat membawa empat molekul oksigen. Peningkatan kadar hemoglobin kelelawar sejalan dengan peningkatan jumlah eritrosit. Oleh karenanya pada kondisi udara dengan suhu rendah, kelembaban tinggi, oksigen rendah dan amonia tinggi kadar hemoglobin meningkat. Peningkatan kadar hemoglobin tersebut merupakan strategi agar respirasi sel-sel tubuh dapat meningkat. Dengan demikian suhu tubuh dapat dipertahankan dan masuknya racun ke dalam tubuh dapat segera dinetralsir.

KESIMPULAN

Sebagai bentuk adaptasi terhadap mikroklimat gua rasio jumlah eritrosit kelelawar meningkat dengan menurunnya suhu, meningkatnya kelembaban, menurunnya persentasi oksigen dan meningkatnya kadar amonia udara di sekitar tempat bertenggernya. Rasio kadar hemoglobin kelelawar meningkat dengan menurunnya suhu, meningkatnya kelembaban, menurunnya persentasi oksigen dan meningkatnya kadar amonia udara di sekitar tempat bertenggernya.

DAFTAR PUSTAKA

- Altringham, JD. 1996. *BATS. Biologi and behaviour*. Oxford University Press. New York.
- Baudinette, RV, RT Wills, KJ Sanderson and B Clark. 1994. Microclimat conditions in maternity caves of the Bent-wing bat *Miniopterus schreibersii*: an attempt restora-

- tion of a former maternity site. *Wildl. Res* 21: 607-619
- Baudinette, RV, SK Churchill, KA Christian. JE Nelson & PJ Hudson. 2000. Energy, water balance and the roost microenvironment in three Australian cave-dwelling bats (Microchiroptera). *J. Comp Physiol B* 170: 439-446
- Cunningham, JG. 2002. *Textbook of veterinary physiology*. Edisi ke-3. WB Saunders company. Philadelphia.
- Departemen Kehutanan. 1987. *Pola pengelolaan fungsi gua berdasarkan hasil identifikasi fungsi gua di Propinsi Jawa Tengah*. Proyek Pembinaan Kelestarian Sumber Daya Alam Hayati Pusat. DIRJEN PHPA. Bogor.
- Dokumen Negara RI. 1999. *Peraturan Pemerintah No 41 thn 1999*.
- Epsinasa, L & NH. Vuong. 2008. A new species of cave adapted Nicoletiidae (Zygentoma: Insecta) from Sistema Huautla, Oaxaca, Mexico: The tenth deepest cave in the world. *J. cave and karst studies* 70 (2): 289-298.
- Fatmawati, F. 2007. Gambaran hematologi anjing pelacak operasional ras doberman di Subdit satwa POLRI Depok. [Skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan IPB. Bogor.
- Ganong, WF. 2001. *Fisiologi Kedokteran*. Edisi ke-3. Penerbit buku kedokteran EGC. Jakarta.
- Guyton, AC. 1995. *Fisiologi manusia dan mekanisme penyakit*. Edisi ke 3. Alih bahasa: dr Petrus Andrianto. Penerbit buku kedokteran EGC. Jakarta.
- Gaspersz, V. 1995. *Teknik analisis dalam penelitian percobaan*. Jilid 2. Tarsito. Bandung.
- Hutabarat, IO. 2002. Analisa dampak gas amonia dan klorin pada faal paru pekerja pabrik sarung tangan "X" di Medan. *Laporan penelitian*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat USU. Medan.
- Kunz, TH, & KA Nagy. 1988. Methods of energy budget analysis. In: *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Editor: T.H. Kunz. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. London.
- Nugraha, KN. 2007. Gambaran darah anjing kampung jantan (*Canis familiaris*) umur 3 sampai 7 bulan. [Skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan IPB. Bogor.
- Riedesel, ML. 1977. Blood physiology. Dalam: *Biology of Bats*. Volume III. Editor: William A. Wimsatt. Academic press. New York.
- Sastradipradja, 1989. Penuntun praktikum fisiologi veteriner. Depdikbud. Dirjen. Dikti. PAU Ilmu hayat. IPB.
- Sridhar, KR, KM Ashwini, S Seena & KS Sreepada. 2006. Manure qualities of guano of insectivorous cave bat *Hipposideros speoris*. *Tropical and subtropical agroecosystems* (6) 103-110.

Memasukkan: Desember 2010

Diterima: Februari 2011